

1	Prüftechnik mit Geometrischer Produktspezifikation (ISO GPS)	
1.1	Größen und Einheiten	9
1.2	Grundlagen der Messtechnik	11
1.2.1	Grundbegriffe	11
1.2.2	Messabweichungen	14
1.2.3	Messmittelfähigkeit und Prüfmittelüberwachung	17
1.3	Längenprüfmittel	19
1.3.1	Maßverkörperungen und Formverkörperungen	19
1.3.2	Mechanische und elektronische Messgeräte	22
1.3.3	Pneumatische Messgeräte	30
1.3.4	Elektronische Messgeräte	32
1.3.5	Optoelektronische Messgeräte	33
1.3.6	Koordinatenmessgeräte	35
1.4	Geometrische Produktspezifikation (ISO-GPS)	39
1.4.1	Bedeutung und Zielsetzung	39
1.4.2	Das ISO-GPS-Normensystem	39
1.4.3	Spezifikation, Verifikation, Validierung	40
1.4.4	Spezifikation durch Längen- und Winkelgrößenmaße	41
1.4.5	Zeichnungseintragung und Messung von Größenmaßen	42
1.4.6	Tolerierungsgrundsätze	43
1.4.7	Geometrische Spezifikation durch eine Zone	44
1.4.8	Beispiele zum Spezifizierungsprozess an Bauteilen einer Flügelzellenpumpe	44
1.4.9	Fachbegriffe zu ISO-GPS (Auswahl)	47
1.5	Toleranzen und Passungen	
	Dimensionelle Tolerierung	49
1.5.1	Toleranzen	49
1.5.2	Passungen	53
1.6	Geometrische Tolerierung und Prüfung von Form, Richtung, Ort und Lauf	57
1.6.1	Form- und Lagetoleranzen	57
1.6.2	Prüfung von ebenen Flächen und Winkeln	59
1.6.3	Rundform-, Koaxialitäts- und Rundlaufprüfung	62
1.6.4	Gewindeprüfung	67
1.6.5	Kegelprüfung	69
1.7	Kenngrößen und Prüfung von Oberflächen	70
1.8	Practice your English	74
2	Qualitätsmanagement	
2.1	Arbeitsbereiche des QM	75
2.2	Die Normenreihe DIN EN ISO 9000	76
2.3	Qualitätsforderungen	76
2.4	Qualitätsmerkmale und Fehler	77
2.5	Werkzeuge des Qualitätsmanagements	78
2.6	Qualitätslenkung	81
2.7	Qualitätssicherung	82
2.7.1	Prüfplanung	82
2.7.2	Wahrscheinlichkeit	82
2.7.3	Die Normalverteilung von Merkmalswerten	83
2.7.4	Mischverteilung von Merkmalswerten	83
2.7.5	Kennwerte der Normalverteilung von Stichproben	84
2.7.6	Qualitätsprüfung nach dem Stichprobenverfahren	85
2.8	Maschinenfähigkeit	86
2.9	Prozessfähigkeit	89
2.10	Statistische Prozessregelung mit Qualitätsregelkarten	90
2.11	Auditierung und Zertifizierung	93
2.12	Kontinuierlicher Verbesserungsprozess: Mitarbeiter optimieren Prozesse	94
2.13	Practice your English	95
3	Fertigungstechnik	
3.1	Arbeitssicherheit	97
3.1.1	Sicherheitszeichen	97
3.1.2	Unfallverhütung	98
3.1.3	Sicherheitsmaßnahmen	98
3.2	Gliederung der Fertigungsverfahren	99
3.3	Gießen	101
3.3.1	Formen und Modelle	101
3.3.2	Gießen in verlorene Formen	102
3.3.3	Gießen in Dauerformen	105
3.3.4	Gusswerkstoffe	106
3.3.5	Gussfehler	106
3.4	Formgebung der Kunststoffe	107
3.4.1	Extrudieren	107
3.4.2	Spritzgießen	108
3.4.3	Formpressen	111
3.4.4	Urformen von Schaumstoffen	111
3.4.5	Weiterverarbeitung der Halbzeuge und Fertigteile aus Kunststoffen	112
3.5	Umformen	114
3.5.1	Verhalten der Werkstoffe beim Umformen	114
3.5.2	Umformverfahren	114
3.5.3	Biegeumformen	115
3.5.4	Zugdruckumformen	118
3.5.5	Druckumformen	122
3.5.6	Maschinen zum Umformen	124
3.6	Schneiden	125
3.6.1	Scherschneiden	125
3.6.2	Strahlschneiden	130
3.7	Handgeführte spanende Fertigung	134
3.7.1	Grundlagen	134
3.7.2	Fertigen mit handgeführten Werkzeugen	135
3.8	Spanende Fertigung mit Werkzeugmaschinen	139
3.8.1	Schneidstoffe	139
3.8.2	Kühlschmierstoffe	143
3.8.3	Sägen	146
3.8.4	Bohren	147
3.8.5	Senken	158
3.8.6	Reiben	159
3.8.7	Drehen	161
3.8.8	Fräsen	185
3.8.9	Räumen	202
3.8.10	Entgraten von Werkstücken	204
3.8.11	Schleifen	207

3.8.12	Feinbearbeitung	219	4.4.4	Einteilung der Stähle nach Zusammensetzung und Güteklassen	337
3.8.13	Funkenerosives Abtragen	225	4.4.5	Stahlsorten und ihre Verwendung	338
3.8.14	Vorrichtungen und Spannelemente an Werkzeugmaschinen	229	4.4.6	Handelsformen der Stähle	340
3.8.15	Fertigungsbeispiel Spannpratze	236	4.4.7	Legierungs- und Begleitelemente der Stähle und Eisen-Gusswerkstoffe	341
3.9	CNC-Steuerungen für Werkzeugmaschinen	240	4.4.8	Erschmelzen der Eisen-Gusswerkstoffe	342
3.9.1	Funktionseinheiten von CNC- Werkzeugmaschinen	240	4.4.9	Das Bezeichnungssystem für Gusseisenwerkstoffe	343
3.9.2	Koordinaten, Null- und Bezugspunkte	244	4.4.10	Eisen-Gusswerkstoffarten	344
3.9.3	Steuerungsarten, Werkzeugkorrekturen	246	4.4.11	Kohlenstoffgehalt der Stähle und Eisen- Gusswerkstoffe im Vergleich	346
3.9.4	Erstellen von CNC-Programmen nach DIN 66025	249	4.5	Nichteisenmetalle (NE-Metalle)	347
3.9.5	Zyklen und Unterprogramme	254	4.5.1	Leichtmetalle	347
3.9.6	Programmieren von CNC-Drehmaschinen	255	4.5.2	Schwermetalle	349
3.9.7	Programmieren von CNC-Fräsmaschinen	263	4.6	Sinterwerkstoffe	352
3.9.8	Programmierv Verfahren	269	4.6.1	Herstellung von Sinter-Formteilen aus Metallen	352
3.9.9	5-Achs-Bearbeitung nach PAL	271	4.6.2	Eigenschaften und Verwendung von Sinter-Formteilen	353
3.9.10	Practice your English	275	4.6.3	Spezial-Sinterwerkstoffe	353
3.10	Fügen	276	4.7	Keramische Werkstoffe	354
3.10.1	Fügeverfahren	276	4.8	Wärmebehandlung der Stähle	356
3.10.2	Press- und Schnappverbindungen	279	4.8.1	Gefügearten der Eisenwerkstoffe	356
3.10.3	Kleben	281	4.8.2	Eisen-Kohlenstoff-Zustandsdiagramm	357
3.10.4	Löten	283	4.8.3	Gefüge und Kristallgitter bei Erwärmung	358
3.10.5	Schweißen	289	4.8.4	Glühen	359
3.11	Generative Fertigungsverfahren	303	4.8.5	Härten	360
3.11.1	Rapid Prototyping	304	4.8.6	Vergüten	364
3.11.2	Selektives Schmelzen	306	4.8.7	Härten der Randzone	365
3.12	Beschichten	308	4.8.8	Fertigungsbeispiel: Wärmebehandlung einer Spannpratze	368
3.12.1	Beschichten mit Lacken und Kunststoffen	308	4.9	Kunststoffe	369
3.12.2	Beschichten mit Metallen	310	4.9.1	Eigenschaften und Verwendung	369
3.12.3	Beschichtungen mit besonderen Eigenschaften	311	4.9.2	Chemische Zusammensetzung und Herstellung	370
3.13	Fertigungsbetrieb und Umweltschutz	312	4.9.3	Technologische Einteilung und innere Struktur	371
3.14	Practice your English	315	4.9.4	Thermoplaste	372
4	Werkstofftechnik		4.9.5	Duroplaste	374
4.1	Übersicht der Werk- und Hilfsstoffe	317	4.9.6	Elastomere	375
4.1.1	Einteilung der Werkstoffe	317	4.9.7	Kennwerte der Kunststoffe	375
4.1.2	Herstellung der Werkstoffe	318	4.10	Verbundwerkstoffe	377
4.1.3	Hilfsstoffe und Energie	318	4.10.1	Innerer Aufbau	377
4.2	Auswahl und Eigenschaften der Werkstoffe	319	4.10.2	Faserverstärkte Kunststoffe	378
4.2.1	Werkstoffauswahl	319	4.10.3	Herstellungsverfahren für faserverstärkte Verbundwerkstoffe	379
4.2.2	Physikalische Eigenschaften der Werkstoffe	320	4.10.4	Teilchenverstärkte und Durchdringungs-Verbundwerkstoffe	380
4.2.3	Mechanisch-technologische Eigenschaften	321	4.10.5	Schicht-Verbundwerkstoffe	380
4.2.4	Fertigungstechnische Eigenschaften	323	4.10.6	Struktur-Verbundbauteile	381
4.2.5	Chemisch-technologische Eigenschaften	323	4.11	Werkstoffprüfung	382
4.2.6	Umweltverträglichkeit, gesundheitliche Unschädlichkeit	324	4.11.1	Prüfung der Verarbeitungseigenschaften	382
4.3	Innerer Aufbau der Metalle	325	4.11.2	Prüfung mechanischer Eigenschaften	383
4.3.1	Innerer Aufbau und Eigenschaften der Metalle	325	4.11.3	Kerbschlagbiegeversuch	385
4.3.2	Kristallgittertypen der Metalle	326	4.11.4	Härteprüfungen	386
4.3.3	Baufehler im Kristall	327	4.11.5	Dauerfestigkeitsprüfung	390
4.3.4	Entstehung des Metallgefüges	327	4.11.6	Bauteil-Betriebslasten-Prüfung	391
4.3.5	Gefügearten und Werkstoffeigenschaften	328	4.11.7	Zerstörungsfreie Werkstoffprüfungen	391
4.3.6	Gefüge reiner Metalle und Gefüge von Legierungen	329	4.11.8	Metallografische Untersuchungen	392
4.4	Stähle und Eisen-Gusswerkstoffe	330	4.11.9	Prüfung der Kunststoff-Kennwerte	393
4.4.1	Gewinnung von Roheisen	330	4.12	Umweltproblematik der Werk- und Hilfsstoffe	394
4.4.2	Herstellung von Stahl	331	4.13	Practice your English	396
4.4.3	Das Bezeichnungssystem für Stähle	334			

5 Maschinentechnik

5.1 Einteilung der Maschinen 398

5.1.1 Kraftmaschinen 398

5.1.2 Arbeitsmaschinen 402

5.1.3 Datenverarbeitungsanlagen 405

5.2 Funktionseinheiten von Maschinen und Geräten 406

5.2.1 Innerer Aufbau von Maschinen 406

5.2.2 Funktionseinheiten einer CNC-Werkzeugmaschine 408

5.2.3 Funktionseinheiten einer Klimaanlage ... 410

5.2.4 Sicherheitseinrichtungen an Maschinen . 411

5.3 Funktionseinheiten zum Verbinden 413

5.3.1 Gewinde 413

5.3.2 Schraubenverbindungen 415

5.3.3 Stiftverbindungen 423

5.3.4 Nietverbindungen 425

5.3.5 Welle-Nabe-Verbindungen 427

5.4 Funktionseinheiten zum Stützen und Tragen 431

5.4.1 Reibung und Schmierstoffe 431

5.4.2 Lager 434

5.4.3 Führungen 443

5.4.4 Dichtungen 446

5.4.5 Federn 448

5.5 Funktionseinheiten zur Energieübertragung 450

5.5.1 Wellen und Achsen 450

5.5.2 Kupplungen 452

5.5.3 Riementriebe 457

5.5.4 Kettentriebe 459

5.5.5 Zahnradtriebe 461

5.6 Antriebseinheiten 464

5.6.1 Elektromotoren 464

5.6.2 Getriebe 471

5.6.3 Linearantriebe 477

5.7 Practice your English 479

6 Montage, Inbetriebnahme, Instandhaltung

6.1 Montagetechnik 480

6.1.1 Montageplanung 480

6.1.2 Organisationsformen bei der Montage ... 481

6.1.3 Automatisierung der Montage 481

6.1.4 Montagebeispiele 482

6.2 Inbetriebnahme 488

6.2.1 Aufstellung von Maschinen oder Anlagen 489

6.2.2 Inbetriebnahme von Maschinen oder Anlagen 490

6.2.3 Abnahme von Maschinen oder Anlagen .. 492

6.3 Instandhaltung 493

6.3.1 Tätigkeitsgebiete und Definition 493

6.3.2 Begriffe der Instandhaltung 494

6.3.3 Ziele der Instandhaltung 495

6.3.4 Instandhaltungskonzepte 495

6.3.5 Wartung 498

6.3.6 Inspektion 501

6.3.7 Instandsetzung 503

6.3.8 Verbesserungen 505

6.3.9 Auffinden von Störstellen und Fehlerquellen 506

6.4 Korrosion und Korrosionsschutz 508

6.4.1 Ursachen der Korrosion 508

6.4.2 Korrosionsarten und ihr Erscheinungsbild 510

6.4.3 Korrosionsschutz-Maßnahmen 511

6.5 Schadensanalyse und Schadensvermeidung 514

6.6 Beanspruchung und Festigkeit der Bauelemente 516

6.7 Practice your English 518

7 Elektrotechnik

7.1 Der elektrische Stromkreis 520

7.1.1 Die elektrische Spannung 520

7.1.2 Der elektrische Strom 521

7.1.3 Der elektrische Widerstand 522

7.2 Schaltung von Widerständen 523

7.2.1 Reihenschaltung von Widerständen 523

7.2.2 Parallelschaltung von Widerständen 524

7.3 Stromarten 525

7.4 Elektrische Leistung und elektrische Arbeit 526

7.5 Überstrom-Schutzeinrichtungen 527

7.6 Fehler an elektrischen Anlagen 528

7.7 Schutzmaßnahmen bei elektrischen Maschinen 529

7.8 Hinweise für den Umgang mit Elektrogeräten 531

7.9 Practice your English 532

8 Grundlagen der Automatisierungstechnik

8.1 Steuern und Regeln 533

8.1.1 Grundlagen der Steuerungstechnik 533

8.1.2 Grundlagen der Regelungstechnik 535

8.2 Grundlagen und Grundelemente von Steuerungen 539

8.2.1 Arbeitsweise von Steuerungen 539

8.2.2 Steuerungskomponenten 540

8.3 Pneumatische Steuerungen 545

8.3.1 Baugruppen pneumatischer Anlagen 545

8.3.2 Bauelemente der Pneumatik 546

8.3.3 Schaltpläne pneumatischer Steuerungen 555

8.3.4 Systematischer Schaltplanentwurf 556

8.3.5 Beispiele pneumatischer Steuerungen ... 560

8.3.6 Vakuumtechnik 563

8.4 Elektropneumatische Steuerungen 565

8.4.1 Bauelemente elektrischer Kontaktsteuerungen 565

8.4.2 Signalelemente – Sensoren 568

8.4.3 Verdrahtung mit Klemmleiste 573

8.4.4 Beispiele für elektropneumatische Steuerungen 574

8.4.5 Ventilinseln 579

8.5 Hydraulische Steuerungen 581

8.5.1 Energieversorgung und Druckmittelaufbereitung 582

8.5.2 Arbeitselemente und Hydrospeicher 584

8.5.3 Hydraulikventile 588

8.5.4 Proportionalhydraulik 592

8.5.5 Hydraulikleitungen und Zubehör 594

8.5.6 Beispiele für hydraulische Schaltungen .. 596

8.6 Speicherprogrammierbare Steuerungen . 599

8.6.1 Speicherprogrammierbare Steuerung als Kleinsteuerung (Logikmodul) 599

8.6.2 Speicherprogrammierbare Steuerung als modulares Automatisierungssystem . 602

8.7 Practice your English 612

9 Automatisierung der Produktion		9.10 Vergleich der Flexibilität und Produktivität von Produktionsanlagen	641
9.1 Vergleich der konventionellen und automatisierten Produktion	614	9.11 Industrie 4.0 – Smart Factory	642
9.2 Automatisierungsstufen von Fertigungsanlagen	616	9.11.1 Komponenten einer Smart Factory	642
9.3 Komponenten automatisierter flexibler Fertigungsanlagen	617	9.11.2 Struktur der Smart Factory	644
9.4 Automatisierte CNC-Werkzeugmaschinen	618	9.11.3 Beispiele für Industrie-4.0-Anwendungen	645
9.4.1 Automatisierung eines CNC-Bearbeitungszentrums	618	9.11.4 Smart Factory	648
9.4.2 Automatisierung einer CNC-Drehmaschine	620	9.12 Practice your English	650
9.4.3 Überwachungseinrichtungen in Werkzeugmaschinen	622		
9.5 Transportsysteme in automatisierten Produktionsanlagen	623	10 Technische Projekte	
9.6 Industrieroboter in der Produktion	624	10.1 Grundlagen der Projektarbeit	651
9.6.1 Handhabungstechnik	624	10.1.1 Arbeitsorganisation Linie und Projekt	651
9.6.2 Einteilung der Handhabungssysteme	625	10.1.2 Der Projektbegriff	651
9.6.3 Kinematik und Bauarten von Industrierobotern	625	10.1.3 Technische Projektarten	652
9.6.4 Funktionseinheiten von Industrierobotern	627	10.2 Projektarbeit als vollständige Handlung und planmäßige Problemlösung	652
9.6.5 Programmiermethoden von Industrierobotern	628	10.3 Projekte in Phasen erarbeiten am Projektbeispiel Hebevorrichtung	653
9.6.6 Koordinatensysteme für die Roboterprogrammierung	629	10.3.1 Die Initialisierungsphase	653
9.6.7 Programmerroutinen: Bewegungen und Kommunikation	630	10.3.2 Die Definitionsphase	654
9.6.8 Formen der Zusammenarbeit von Mensch und Industrieroboter	633	10.3.3 Die Planungsphase mit Konzeptentwicklung	657
9.6.9 Schutzmaßnahmen und Einsatz von Cobots	635	10.3.4 Die Durchführungsphase mit Projektrealisierung	662
9.6.10 COBOT-Programm Beispiel	635	10.3.5 Der Projektabschluss	664
9.7 Automatisierte flexible Fertigungsanlage	638	10.4 Veränderte Vorgehensmodelle bei der Projektarbeit	665
9.8 Automatisierte Transferstraße	639	10.5 Dokumentation und technische Unterlagen	666
9.9 Marktanforderungen und Produktionsanlagen	640	10.5.1 Erstellung von technischen Unterlagen und Dokumentationen	666
		10.5.2 Anleitungen	666
		10.5.3 Technische Kommunikation	667
		10.5.4 Office-Lösungen in der Dokumentation	673
		10.6 Practice your English	678

Informationen zum lernfeldorientierten Unterrichten

Lernfeld: Fertigen von Bauelementen mit handgeführten Werkzeugen	680
Lernfeld: Fertigen von Bauelementen mit Maschinen	682
Lernfeld: Herstellen einfacher Baugruppen	684
Lernfeld: Warten technischer Systeme	686
Lernfeld: Fertigen von Einzelteilen mit Werkzeugmaschinen	688
Lernfeld: Installieren und in Betrieb nehmen steuerungstechnischer Systeme	690
Lernfeld: Montieren von technischen Teilsystemen	692
Lernfeld: Fertigen auf numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen	694
Lernfeld: Instandsetzen von technischen Systemen	696
Lernfeld: Herstellen und in Betrieb nehmen von technischen Teilsystemen	698
Lernfeld: Überwachen der Produkt- und Prozessqualität	700
Lernfeld: Instandhaltung von technischen Systemen	702
Lernfeld: Sicherstellen der Betriebsfähigkeit automatisierter Systeme	704
Firmen- und Bildquellenverzeichnis	706
Sachwortverzeichnis	709